

MULTITUBULAR HEAT-EXCHANGER

Publication number: JP2002350081 (A)

Publication date: 2002-12-04

Inventor(s): SAKAKIBARA YASUFUMI; HARADA SHIGEKI +

Applicant(s): MARUYASU & CO LTD +

Classification:

- **international:** F28D7/16; F28F1/02; F28F1/40; F28F3/02; F28F3/04;
F28D7/00; F28F1/02; F28F1/10; F28F3/00; (IPC1-
7): F28F1/40; F28D7/16

- **European:** F28F3/04B2; F28D7/16H; F28F1/02; F28F1/40; F28F3/02

<< less

Application number: JP20010156703 20010525

Priority number(s): JP20010156703 20010525

Also published as:

JP3774843 (B2)

EP1391675 (A1)

EP1391675 (A4)

EP1391675 (B1)

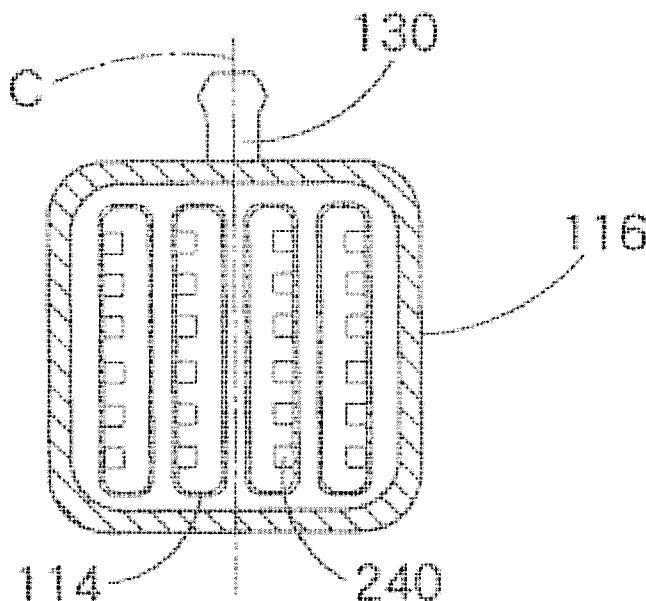
US2004134640 (A1)

US7055586 (B2)

WO20097352 (A1)

Abstract of JP 2002350081 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a multitubular heat exchanger, in which heat-exchange performance can be enhanced without increasing heat-exchanger surface area, further the problem of reduction of heat-exchange efficiency due to fouling can be solved. **SOLUTION:** The multitubular heat-exchanger includes a group of inside tubes (heat-transfer tubes) for a first fluid to flow, and an outside tube (shell) for a second fluid to flow. Both ends of groups of heat-transfer tubes are held in a holding plate in the first-fluid inlet and outlet sides respectively. The heat- transfer tubes are formed substantially solely of a heat-transfer tube body 114. A great number of bump-like protrusions 240 are formed with a predetermined intervals on one or both sides of the wall surface opposed to the side of the transverse-axis of the heat-transfer tube body 114.; Eddy currents are generated vertically in the high-temperature gas due to the protrusion 240, and the gas is disturbed, resulting in that the heat-exchange efficiency is increased.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-350081

(P2002-350081A)

(43)公開日 平成14年12月4日 (2002.12.4)

(51)Int.Cl.⁷
F 28 F 1/40

識別記号

F I
F 28 F 1/40テ-マ-コ-ト(参考)
D 3 L 1 0 3
B
C
E
J

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-156703(P2001-156703)

(22)出願日 平成13年5月25日 (2001.5.25)

(71)出願人 000113942

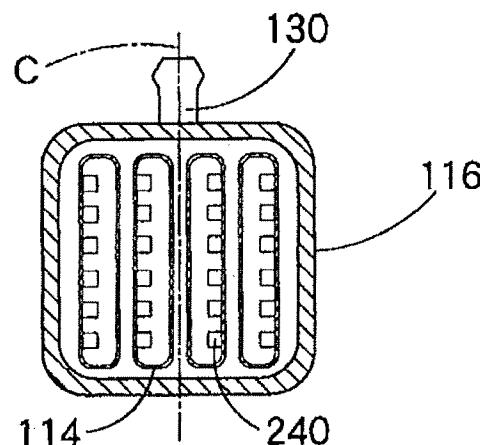
マルヤス工業株式会社
愛知県名古屋市昭和区白金2丁目7番11号(72)発明者 樹原 康文
愛知県名古屋市昭和区白金二丁目7番11号
マルヤス工業株式会社内(72)発明者 原田 成樹
愛知県名古屋市昭和区白金二丁目7番11号
マルヤス工業株式会社内(74)代理人 100076473
弁理士 飯田 昭夫 (外1名)
F ターム(参考) 3L103 AA20 AA37 BB17 CC02 CC27
DD08 DD36

(54)【発明の名称】 多管式熱交換器

(57)【要約】

【課題】伝熱面積を増大させずに熱交換性能の増大が可能で、汚れ付着等による大きな熱交換効率の低下の問題点も解決できる多管式熱交換器を提供すること。

【解決手段】第一流体が通過する内管(伝熱管)群と、第二流体が通過する外管(胴体)とを備え、複数本の伝熱管群を、それらの両端を第一流体導入側及び第一流体排出側にそれぞれ位置する導入側・排出側保持板に保持させて配設されてなる多管式熱交換器。伝熱管が実質的に伝熱管本体114のみからなり、伝熱管本体114の長径側対向壁面の一方または双方に、長手方向の所定間隔で瘤状の多数個の突起部240を形成する。突起部240により高温ガスに縦渦流が発生して高温ガスが攪乱されて、結果的に熱交換効率が増大する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一流体が通過する内管（伝熱管）群と、第二流体が通過する外管（胴体）とを備え、複数本の伝熱管群が、それらの両端を第一流体導入側及び第一流体排出側にそれぞれ位置する導入側・排出側保持板に保持させて配設されてなる多管式熱交換器において、前記伝熱管が、伝熱管本体のみからなり、該伝熱管本体に縦渦流発生手段が配されていることを特徴とする多管式熱交換器。

【請求項2】 第一流体が通過する内管（伝熱管）群と、第二流体が通過する外管（胴体）とを備え、複数本の伝熱管群が、それらの両端を第一流体導入側及び第一流体排出側にそれぞれ位置する導入側・排出側保持板に保持させて配設されてなる多管式熱交換器において、前記伝熱管が、実質的に扁平断面の伝熱管本体のみからなり、該伝熱管本体の長径側対向壁面の一方又は双方に、長手方向及び幅方向にそれぞれ所定間隔（所定ピッチ）で板状又は瘤状の多数個の突起部（突起群）が形成されていることを特徴とする多管式熱交換器。

【請求項3】 前記突起部が前記伝熱管本体にスタンピング等のプレス加工により直接的に形成されていることを特徴とする請求項2記載の多管式熱交換器。

【請求項4】 前記突起部の流れ対向面が実質的に矩形で、その迎え角が20～80°であることを特徴とする請求項2記載の多管式熱交換器。

【請求項5】 前記突起部の流れ対向面が実質的に矩形で、その高さ及び幅が流路高さ及び流路幅のそれぞれ0.1～0.8倍であることを特徴とする請求項2記載の多管式熱交換器。

【請求項6】 前記突起部の流れ対向面が実質的に矩形で、その流れ方向ピッチが流路高さもしくは流路幅の1～5倍であることを特徴とする請求項2記載の多管式熱交換器。

【請求項7】 前記突起部の流れ対向面が実質的に矩形で、その平面形状も実質的に矩形であることを特徴とする請求項3記載の多管式熱交換器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、第一流体が通過する内管（伝熱管）群と、第二流体が通過する外管（胴体）とを備え、複数本の伝熱管群が、それらの両端を第一流体導入側及び第一流体排出側にそれぞれ位置する導入側・排出側保持板に保持させて配設されてなる多管式熱交換器に関する。特に、伝熱管群に高速の高温ガス（気体）を、胴体（外管）に冷却水（液体）を通過させて熱交換を行う熱交換器、例えば、内燃機関の排気ガスを冷却水により冷却する排気冷却器（高度の熱交換能が要求される）等に好適な発明である。

【0002】

【背景技術】 上記のごとく高度の熱交換が要求されるも

10 には、図1・2に示すような多管式熱交換器12が多用されている。
【0003】 すなわち、第一流体（高温ガス）が通過する複数本の内管（伝熱管）14と、第二流体（冷却水）が通過する外管（胴体）16とを備え、複数本の伝熱管（伝熱管群）14、14…が、それらの両端を第一流体導入側及び第一流体排出側にそれぞれ位置する導入側・排出側保持板18、20に保持させて配設されている。図例では、胴体16の内部に多数本の伝熱管群14、14…が、胴体16両端の導入側・排出側保持板（チューブシート）18、20を介して配設されている。胴体16の両端には円錐台状の導入側・排出側整流筒部（整流部）22、24を介してフランジ26a、28a付きの導入・排出口（接続パイプ）26、28を備えて、伝熱管群14、14…内を第一流体（高温ガス）が通過可能となっている。また、胴体16の上下には、導入・排出ノズル30、32を備え各伝熱管14の外側に第二流体（冷却水）が通過可能となっている。

20 20 【0004】 しかし、図1・2に示すような多管式熱交換器12は、熱交換効率を増大させようとして伝熱管14の数を増やすと、冷却水の流れ抵抗が大きくなったり、又は、ガス流速の低下とそれに伴う熱伝達率の低下等により、結果的に、熱交換効率の増大が図り難かった。

20 20 【0005】 また、上記多管式熱交換器12は、製造工数が嵩み、且つ、重量も増大傾向にあった。

30 30 【0006】 本発明者らは、上記にかんがみて、熱交換効率の増大が容易であり、且つ、製造工数を削減可能な多管式熱交換器を提供することを目的として、下記構成の多管式熱交換器を先に提案した（特願2000-061541号：出願時未公開）。

30 30 【0007】 「胴体の内部に複数本の伝熱管が配設されてなる多管式熱交換器において、各伝熱管が、扁平断面の伝熱管本体と該伝熱管本体の長手方向の対向面間につなぐ多数枚の伝熱フィンとからなることを特徴とする。」しかし、上記構成の伝熱フィンを形成した場合、伝熱壁面に汚れ（スス、油汚れ等）が付着し易くて、極端な場合は、汚れによる目詰まりが部分的に発生して、大きな熱交換効率（熱交換性能）の低下が発生し易いことが分かった。

【0008】

40 40 【発明の開示】 本発明は、上記にかんがみて、伝熱面積を増大させずに熱交換性能の増大が可能で、汚れ付着等に量る大きな熱交換効率の低下の問題点も解決できる多管式熱交換器を提供することを目的とする。

【0009】 上記目的を達成するために、本発明者らは鋭意開発に努力をした結果、下記構成の多管式熱交換器に想到した。

50 50 【0010】 第一流体が通過する内管（伝熱管）群と、第二流体が通過する外管（胴体）とを備え、複数本の伝

熱管群が、それらの両端を第一流体導入側及び第一流体排出側にそれぞれ位置する導入側・排出側保持板に保持させて配設されてなる多管式熱交換器において、伝熱管が、実質的に扁平断面の伝熱管本体のみからなり、該伝熱管本体に縦渦流発生手段が配されていることを特徴とする。

【0011】伝熱管本体に縦渦流発生手段を配設することにより、第一流体（高速ガス等）が高速ガス流路である伝熱管本体を通過するに際して、渦流（縦渦流）が発生する。この渦流により第一流体がかく乱され相対的に熱伝達率（熱交換効率）が増大する。したがって、従来の如く、伝熱面積を増大させるために伝熱フィンを伝熱管本体に組み込まなくても、熱交換効率（冷却効率）を増大させることができる。そして、縦渦流発生手段である突起群は、基本的に伝熱面積の増大で熱交換効率を増大させるものではないため、伝熱壁面の汚れ付着に伴う伝熱効率の低下度が小さく、しかも、縦渦流の発生により伝熱壁面に対する汚れ付着も相対的に小さくなり、当然、汚れによる部分的な目詰まりも発生しない。よって、経時的な熱交換効率の低下度が従来の伝熱フィン組み込み式のものに比して小さくなる。即ち、伝熱壁面に対する汚れ付着に伴う熱交換効率の低下の問題点が解消する。

【0012】具体的には、伝熱管本体の長径側対向壁面の一方又は双方に、長手方向及び幅方向に所定間隔（所定ピッチ）で板状又は瘤状の多数個の突起部（突起群）を形成して縦渦流発生手段とする。

【0013】上記突起部は、通常、伝熱管本体の壁面にプレス加工（スタンピング等）により直接的に形成する。そして、記述突起部形態は、その流れ対向面が実質的に矩形とし、さらに、①その迎え角を20～80°とする、②その高さ及び幅が流路高さ及び流路幅のそれぞれ0.1～0.8倍とする、③その流れ方向ピッチが流路高さもしくは流路幅の1～5倍とする、の各要件を単独または組み合わせることが、プレス加工が容易であるとともに、縦渦流を発生させ易くて、熱交換効率も増大して望ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図例に基づいて説明をする。既述例と対応する部分については、下二桁を同一数字として付した。

【0015】図3・4・5・6に本実施形態を適用する多管式熱交換器112の一例を示す。

【0016】すなわち、両端に導入側・導出側保持板（チューブシート）118、120を備えた角筒胴体116内に、複数本の伝熱管114が固定管板118、120を介して配設されている。角筒胴体116の両端には四角錐台状の導入側・導出側整流部（整流部）122、124を介してフランジ126a、128a付きの第一流体導入口・排出口（接続パイプ）126、128

を備えて、第一流体（高温ガス）が伝熱管群114、114…内を導通可能となっている。

【0017】ここで、伝熱管114は、実質的に、扁平管からなる伝熱管本体134のみからなる構成である。

【0018】また、角筒胴体116の上下には、導入・排出側ノズル130、132を備え伝熱管114の外側に第二流体（冷却水）を導通可能となっている。

【0019】なお、胴体を、図5（図3の4（5）-4（5）線部位に対応）に示す如く、円筒状胴体116A

とすることも可能であるが、前述の如く、部品の種類数を低減できる。すなわち、円筒状とした時、図例の如く、伝熱管として、幅の異なるもの114、114'、114''を用意する必要がある。

【0020】本実施形態においては、これらの伝熱管114、114'、114''は、それらの本体（扁平管）に流発生手段が配されている。具体的には、扁平管（伝熱管本体）における長径側の対向壁面114a、114bの一方又は双方に、板状又は瘤状の多数個の突起部（突起群）（図例では瘤状突起）240が形成されている。突起部240の形態は、流れ対向面が実質的に矩形で、その平面形状も実質的に矩形（図例では長円）である。突起部240をこの形態とすることが、スタンピング等のプレス加工により容易に形成でき望ましい。

【0021】このとき、突起部240の突出方向は、図例では胴体116、116Aの縦中心軸Cに向かって形成されているが、外側（周側）に向かって形成してもよい。

【0022】また、図6（A）では、扁平管の一方の壁面114aに高速ガス流れ方向に対して交互に突起部240が斜設して形成されているが、図6（B）に示すごとく、扁平管の一方の壁面114aに図6（A）と同様に斜設突起部240を配し、他方の壁面114bに長手方向で斜設突起部240の間にガス流れ方向に対して平行突起部240Aを配してもよい。この平行突起部240Aは、隣り合う斜設突起により発生させた縦渦の干渉を防止し、圧力損失を低減するとともに、スス詰まりの防止作用も期待できる。

【0023】また、突起部240の流れ対向面形状・平面形状は、上記の如く、実質的に矩形に限られるものではなく、半円形、円形、台形、三角形など任意である。

【0024】さらには、図7に示すようなプレス加工により、帯板又は矩形平板（図例では帯板）に所定ピッチで突起部240A、角形突起240B若しくは山形突起240Cを形成した多数個の突起部（突起群）加工金属薄板（0.3～0.5mm t）236A、236B、236Cを扁平管114にろう付け等により固定してもよい。

【0025】上記伝熱管114は、図6に示す如く、胴体（外管）116に取付けて、多管式熱交換器とする。この熱交換器は、伝熱フィンを備えた従来例の熱交換器

に比して、伝熱面積が小さいが、渦流発生により熱交換効率を同等以上に確保できる。また、伝熱面積が小さいので、伝熱部（伝熱フィンを含む。）の汚れ（スス、油汚れ等）発生に伴う急激な熱交換効率の低下も発生し難い。

【0026】なお、上記各実施形態は、伝熱管本体の断面が扁平の場合を例に採り説明したが、図2に示すような断面丸形、さらには、断面三角、断面正方形等であってもよい。これらの伝熱管は、一本の金属パイプから多段プレス加工や、図示しないが、一枚の板材（フープ材）からプレス加工やロールフォーミングにより順次形成する。

【0027】さらに、各伝熱管は図例の如く、外形横断面が扁平面でなくても、角パイプないし従来のような丸パイプであってもよい。角パイプの方が、後述の突起部を形成させるに際して、多数個の突起部（突起群）を備えた帯板を挿入固定しやすくて望ましい。

【0028】これらの場合は、パイプ内に所定ピッチで突起板なしし突起瘤を形成した薄帯板を、前述の伝熱フィンの場合と同様に固定すればよい。

【0029】突起部の各種形成態様をモデル的に図8～9に示す。

【0030】図8及び図9は、説明の便宜上、ガス流路を矩形断面（正方形）とするとともに、突起部140を板状として、所定間隔で配置したものモデル的に示したものである。

【0031】通常、突起部140は、前述の如く流れ対向面矩形とするが、台形、三角形状140B（図9(a)）、半円状等、平面形状は任意であり、更には、図9(b)に示す如く矢羽（カウンター）状に一对づつ140A、140A配置させてもよい。すなわち、高温ガス等の流れに渦流を発生させて（ガスかく乱を発生させて）、伝熱率（熱交換効率）の向上に寄与すれば任意である。

【0032】そして、突起を矩形板状（突起板）としたとき、突起板の形態特性（①迎え角、②傾斜角、③高さ、④ピッチ）がそれぞれ下記範囲において、突起による伝熱率改善効果を奏することを、実験シミュレーションにより確認している（図8～13参照）。

【0033】各形態特性要素は、図8において、(a)
 α ：突起板迎え角及びp：突起間ピッチ、(b) β ：突起板傾斜角及びh：突起板高さ、(c) h：突起板高さ及びH：流路高さである。なお、積分平均熱伝達率（全周壁面における）は、傾斜角：90°、迎え角：45°、流路形状：4mm×4mm×220mmL、突起形状：1.5mm×1.5mm×0.5mmtを基準として、それぞれ各形態特性を振って、ガス流量：20g/s、ガス温度：40.0°の条件でシミュレーションしたものである。そして、各グラフにおける熱伝達率比（縦軸）は、上記条件において突起板がない場合における熱伝達率を1.0と

して表示している。

【0034】シミュレーション結果を示す図10～13から下記のことが分かる。

【0035】①図10：突起板迎え角 α は、45°が一番望ましい。したがって、20～70°、望ましくは30°～60°の範囲で、流体の特性（流速、粘度等）、及び、突起板の形状に応じて、適宜決めることができる。なお、迎え角のシミュレーション結果は、45°以上を示していないが、45°を越えると、対称的に熱伝達率が漸減するものと推定される。

【0036】②図11：突起板傾斜角 β は、30～90°の範囲で、ほとんど伝熱率に影響はないため、製作上の見地からは略90°でもよいが、伝熱率をわずかでも改善したい場合は、45～75°の範囲とする。

【0037】③図12：突起板高さは、流路高さの0.1～0.8、望ましくは0.2～0.7、さらに望ましくは0.4～0.6である。低過ぎると、渦流が発生し難く、高すぎると流れ抵抗の増大に対して、熱伝達率の上昇が僅かであるからである。

【0038】④図13：突起板ピッチは、冷却性能を第1に考えた場合、流路幅の1.0～2.0倍、望ましくは、1.5倍前後とする。余り、突起板ピッチが長すぎると、渦流れの減衰が顕著に発生するので冷却性能を効果的に上昇させ難くなる。ただし、突起板ピッチが上記のごとく短い場合、圧力損失の増大につながるので、冷却性能と圧力損失のバランスの面からピッチは決定される。なお、上記①～③においても、冷却性能と圧力損失のバランスの面から、各数値範囲は決定される。

【0039】さらに、本発明者らは、突起板を形成して流路、及び、図9(a)の形態（前述の基準形態に対して突起板の形状を内接三角形状に変えただけのもの）同(b)の形態の各流路について同様に、シミュレーション実験を行なった。その結果、図9(a)の形態は、突起が無い場合に対して概ね35%の熱伝達率向上、図9(b)の形態は、突起が無い場合に対して概ね53%の熱伝達率向上と、明らかに突起板を形成した場合、熱伝達率（熱交換率：高温ガス冷却効率）が向上した。

【0040】次に、本実施形態の熱交換器の製造方法の一例について、説明する。

【0041】まず、図14に示す如く、伝熱管本体となる扁平管（図例では短冊断面）134及び導入側・排出側保持板（チューブシート）118、120を用意する。ここで、扁平管134の断面は矩形筒状でも長円筒であってもよい。扁平管134には、前述の如く、一方の長径側対向壁面の一方または双方に、長手方向の所定間隔（所定ピッチ）で瘤状の多数個の突起部（図示せず）をスタンピング等のプレス加工で形成しておく。

【0042】なお、扁平管（伝熱管本体）134及び導入側・排出側保持板の各厚みは、使用材料及び耐用期間により異なるが、例えば、ステンレスの場合、前者：

0.1~1.0mm(望ましくは0.3~0.8mm)、後者:0.5~3mm(望ましくは1~2mm)とする。

【0043】次に、上記実施形態における、各伝熱管114を挿入側・排出側保持板118、120に形成された伝熱管保持穴118a、120aに挿入・接合して伝熱管ユニット138を調製する。このときの接合の形態は、通常、ろう付け(ろう接)とする。このとき、使用するロウ材は、例えば、熱交換器の材質をステンレスとする場合、通常、銅ロウ又はニッケルロウを使用する。ロウ付け時の加熱・冷却条件は、ロウ材の種類及び熱容量を考慮して設定する。

【0044】こうして調製した伝熱管ユニット138の導入側・排出側保持板118、120の外周にロウ材を塗布した後、胴体を形成する角筒体116に部分挿入後、整流部118を形成する角錐台筒の大径側に挿入し、また、他方、フランジ126a、128aが一体化された導入口・排出口(接続パイプ)126、128を小径側に挿入して、それぞれ接合(本固定)する。

【0045】これらの接合(本固定)手段は、酸化劣化が少なく接合強度も確保し易いTIG溶接やレーザ溶接が望ましいが、他のアーク溶接や、抵抗溶接、さらには、耐熱性接着剤による接合であってもよい。

【0046】なお、上記において、胴体(外管)116を半割にして後付けすることも可能である。この場合は、胴体116以外の部分を前記抵抗溶接/ロウ接等により一体化した後、別工程で抵抗溶接で胴体116を一体化する。このため、製造工数は、嵩むが、ロウ接熱効率及びロウ接後における表面側と内側との冷却速度の格差に基づく金属割れの問題が発生し難く望ましい。

【0047】以上の説明では、ストレート状の伝熱管(内管)群に高速の高温ガス(気体)を、胴体(外管)に冷却水(液体)を通過させて熱交換を行う熱交換器を例に採ったが、第一流体と第二流体の組み合わせは熱交換可能な温度差さえあれば任意である。なお、熱交換器に通過させる自動車の排気ガスは、通常、ガス流速:0~50m/s、ガス温度:120~700°Cである。

【0048】しかし、通常、第一流体(内管通過)と第二流体(外管通過)の選択は、下記基準に基づいて行なうことが望ましい。(化学工学協会編「化学工学辞典」(昭和49年5月30日)丸善、p365~366参考)内管(管内)を通すべき流体:腐食性流体、管壁の汚れの大きい流体、高压流体、特殊材質を要求するような高温流体。

【0049】外管(管外)を通すべき流体:流量の小さな流体、粘度の大なる流体、許容圧力損失の小なる流体。

【0050】また、伝熱管群は、途中でベンディング(屈曲)していても、さらには、U字形に屈曲して同一側に

両端が位置しているものにも本発明は適用可能である。

【0051】当然、整流部(整流室)を一端のみに設け仕切り板で仕切って導入・導出口が同一側にある熱交換器等、あらゆる形式の多管式熱交換器に、本発明は適用できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の多管式熱交換器の一例を示す縦断面図

【図2】図1の2-2線矢視断面図

10 【図3】本発明の一実施形態と適用する多管式熱交換器の一例を示す縦断面図

【図4】図3の4(5)-4(5)線部位における一形態の横断面図

【図5】同じく他の形態における横断面図

【図6】本発明を適用する多管式熱交換器における伝熱管の一実施形態を示す斜視図及び他の実施形態を示す縦・横断面図

【図7】本発明において伝熱管本体に渦流を発生させる突起部を形成するのに使用する突起部加工薄板の各例を示す斜視図

20 【図8】突起板(突起部)を形成した伝熱管流路の説明用モデル図及び突起板の各形態要素を表示するモデル図

【図9】突起部の他の配置形態(a)及び他の形状(b)の各例を示すモデル図

【図10】シミュレーション実験における熱伝達率に対する突起板傾斜角の影響を示すグラフ図

【図11】同じく熱伝達率に対する突起板迎え角の影響を示すグラフ図

【図12】同じく熱伝達率に対する突起板高さの影響を示すグラフ図

30 【図13】同じく熱伝達率に対する突起板ピッチの影響を示すグラフ図

【図14】本発明を適用する多管式熱交換器における伝熱管ユニットの製造工程図

【符号の説明】

12、112 多管式熱交換器

14、114 伝熱管

16、116 外管(胴体)

18、118 導入側保持板

20、120 排出側保持板

40 22、122 導入側整流筒部

24、124 排出側整流筒部

26、126 導入口(接続パイプ)

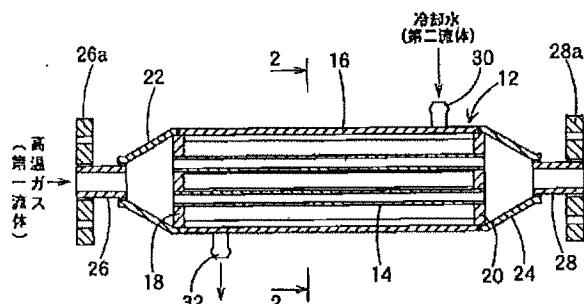
28、128 排出口(接続パイプ)

138 伝熱管ユニット

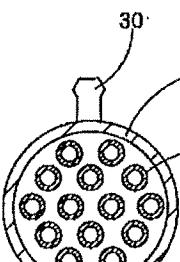
140、240、240A、240B、240C 突起部(突起板)

236A、236B、236C 突起部加工金属薄板

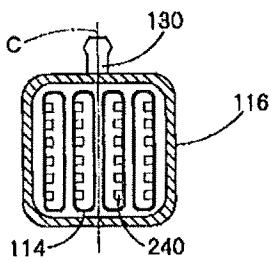
【图1】



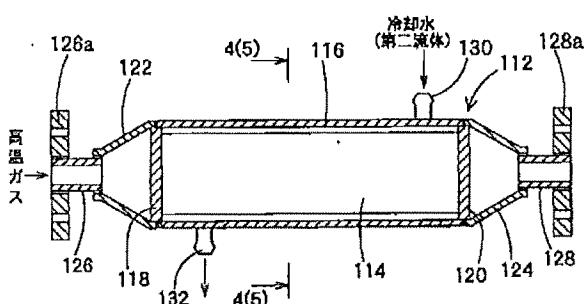
【图2】



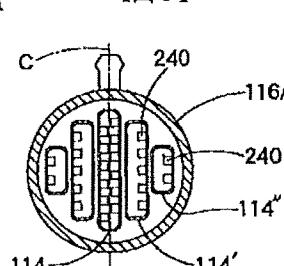
【图4】



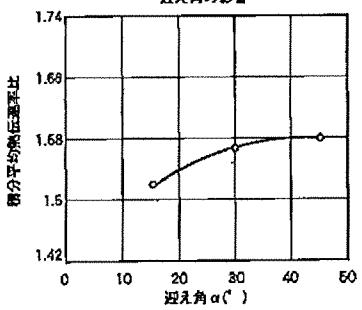
[3]



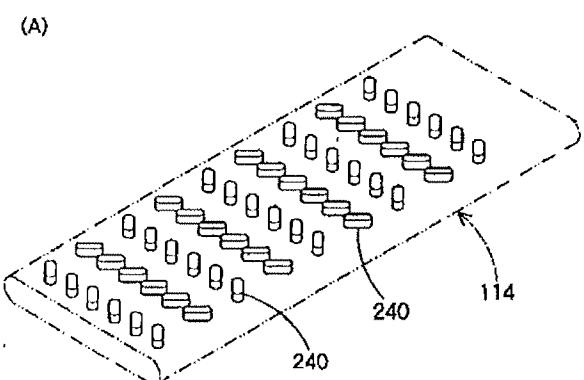
[图 5]



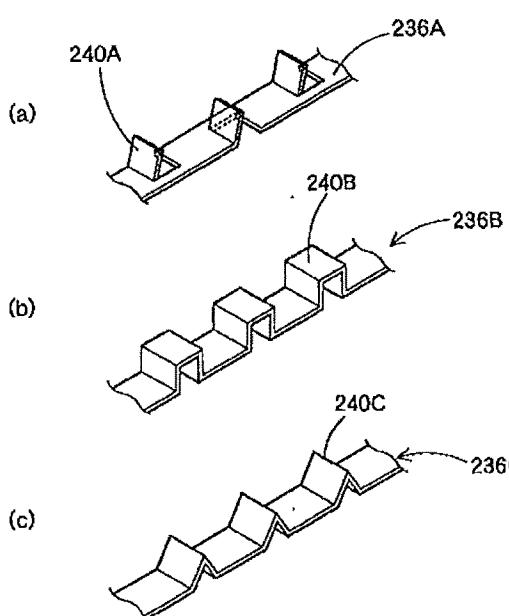
四〇一



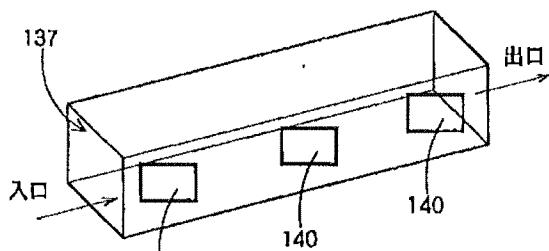
[6]



【四七】



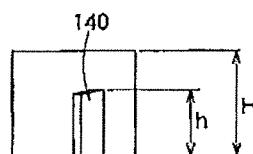
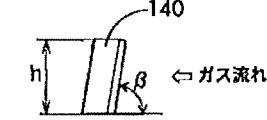
【図8】



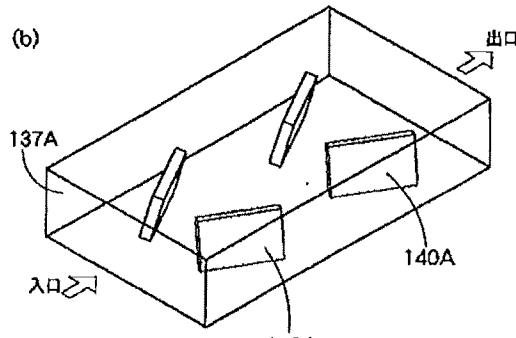
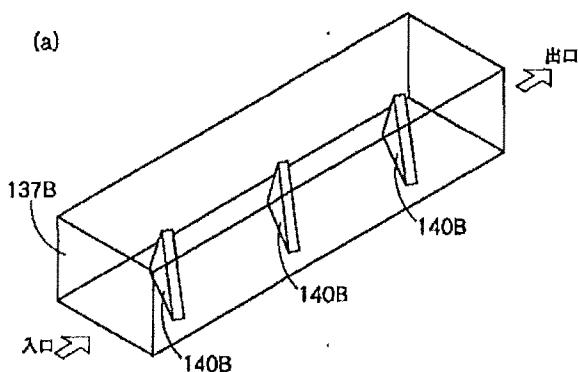
(a)

(b)

(c)

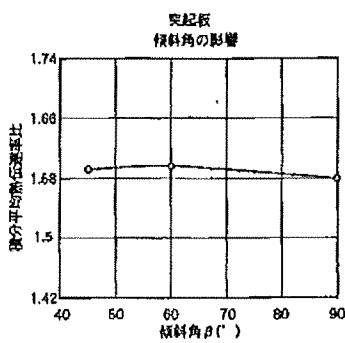


【図9】

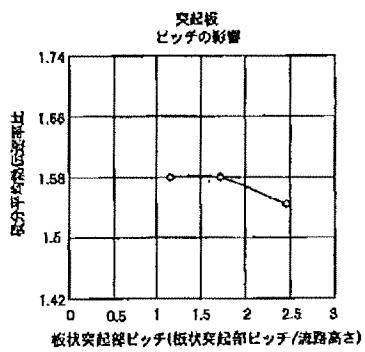
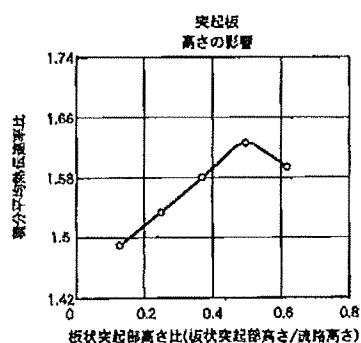


【図13】

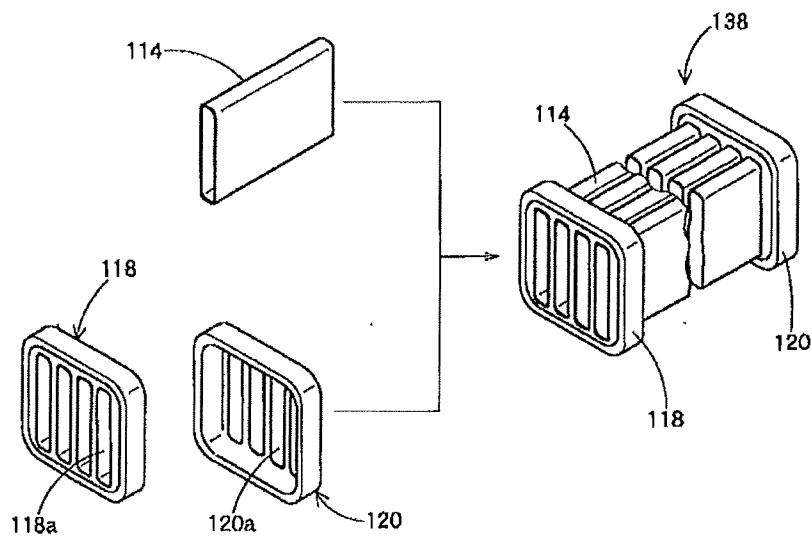
【図11】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int.C1.⁷

F 2 8 F 1/40
F 2 8 D 7/16

識別記号

F I
F 2 8 F 1/40
F 2 8 D 7/16

チ-マコ-ド (参考)
K
A